玛纳斯河流域生态补偿机制探析

禹朴家[1,2]，张青青[1,2]，樊自立[1]，徐海量[1]，王 炜[1]，张 鹏[1]，安红燕[1,2]
（1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830011；2. 中国科学院 研究生院，北京 100049）

摘 要：由于人类不合理的开发利用，导致玛纳斯河流域生态环境状况恶化，破坏了生态系统的正常运行，使生态服务功能下降。为了恢复流域生态系统，需要对流域生态的受损者和受益者进行补偿。根据生态系统的结构、功能和所处的位置，将流域划分为上游山地生态服务区、中游平原绿洲生态受益区和下游荒漠生态受损区。在分析了各功能区存在的生态问题的基础上，明确了生态补偿的主客体、补偿标准和补偿原则，提出了相应的生态补偿对策和建议。

关键词：生态补偿；生态功能区；玛纳斯河流域
文献标识码：A 文章编号：1000-288X(2010)05-0191-05 中图分类号：X171.4

Discussion on the Eco-compensation for Manasi River Basin

YU Pu-jia[1,2], ZHANG Qing-qing[1,2], FAN Zi-li[1], XU Hai-liang[1],
WANG Wei[1], ZHANG Peng[1], AN Hong-yan[1,2]
(1. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang* 830011, *China*; 2. *Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*)

Abstract: Owning to the unreasonable exploitation, the normal environmental system in Manasi River basin is disturbed and its conditions become worse, with ecological service functions declining. In order to recover the normal ecosystem, the beneficiary and the loser should be compensated. Base on the structure, functions, and location of the ecological system, the basin is divided into 3 eco-functional regions. After analyzing the problems of each functional region and understanding the principles, approaches, and standards of compensation, we present some advices and eco-functional mechanisms for these problems.

Keywords: **ecological compensation; eco-functional region; Manasi River basin**

20 世纪中期以来，伴随着人口规模的增长和经济的快速发展，生态退化和环境污染日益严重，生态补偿问题日益受到各方专家、学者的重视。生态补偿的实施将有利于支持和鼓励生态脆弱地区更多地承担保护生态的责任，改善生态环境状况，巩固生态建设成果[1]。在生态补偿的研究中，国外学者在生态补偿的经济原因、补偿途径和具体的补偿机制方面做了大量的工作[2]；国内生态补偿的研究主要集中于生态效益计量评价和计量模型、生态效益的交互作用方面[3-4]，而对于生态补偿机制和方法的研究尚处于起步阶段。

玛纳斯河是新疆北疆地区最大的河流之一，自解放以来，流域内经济经历了跨越式的发展。由于自然资源，尤其是水资源的不合理开发利用，造成了生态环境的破坏，自然植被面积不断缩小，出现了一系列的生态问题，使地区生态安全受到威胁，因此寻找一条适合玛纳斯河流域的生态补偿机制对于流域生态环境的改善和流域经济的可持续发展具有重要的意义。本文根据玛纳斯河流域生态功能区划，在分析各功能区生态问题和现有补偿机制的基础上，探讨了适合玛纳斯流域的生态补偿对策，为干旱区绿洲流域生态补偿实践提供理论依据。

1 流域生态补偿的概念

流域是一种整体性极强的自然区域，其上中下游间的相互关系密不可分。上游、中游和下游区域之间的关系集中反映在流域内的水质质量和水量分配上。若来自上游的水质和水量不能满足中游和下游的要求，则会影响中游、下游地区的经济发展和日常生活[5]。反之，如果来自上游的水质和水量可以满足中

收稿日期：2009-12-20 修回日期：2010-04-18
资助项目：国家科技支撑计划“准噶尔盆地南缘荒漠化生态系统恢复与重建技术研究与示范”(2007BAC17B01)；新疆社科基金项目“玛纳斯河流域生态功能区划研究”(075YB012)
作者简介：禹朴家，(1986—)，男(汉族)，山东省泰安市人，硕士研究生，主要从事干旱区生态环境研究。E-mail: yupujia@126.com。
通信作者：徐海量(1971—)，男(汉族)，江苏省宝应县人，副研究员，主要从事干旱区生态学和生态水文学研究。E-mail: xuhl@ms.xjb.ac.cn。

游和下游的要求，资源环境利用的受益者有责任给予为其提供优良生态环境的地区和人们适当的经济补偿，而因经济活动对生态环境造成破坏和污染的责任者不仅要担负修复生态环境的义务，而且要对受损者作出适当的经济赔偿。因此，流域内不同区域之间的生态补偿是必要的。

流域生态补偿是指有人类活动的流域经过治理，其上、中、下游生物和物质成分循环、能量流通和信息交流加强了，其上游治理效果可以惠及中、下游，下游治理效果惠及到中、上游[6]。流域的面积不同，污染、治理程度不同，生态系统的组成和作用不同，其补偿的方式和机制也不相同。

2 研究区概况

玛纳斯河流域地处新疆天山北麓准噶尔盆地南缘，流域面积 3.35×10^4 km^2，由东向西分别由塔西河、玛纳斯河、宁家河、金钩河、八音沟河以及相连的五片冲积平原组成。玛纳斯河发源于天山中段，沿天山北坡向北流向干旱的准噶尔盆地，最后注入玛纳斯湖，河道全长 400 km，是准噶尔盆地流程最长，流域面积最广的内陆河流。行政区划上属于玛纳斯县、沙湾县、石河子市以及克拉玛依部分地区。流域内年均气温在 4 ℃~7 ℃，极端最高气温为42 ℃~43 ℃，极端最低气温为－43.1 ℃~－39 ℃，年均降水量在 100~200 mm，主要集中在夏季，年均蒸发量（潜在）在 1 500~2 100 mm，属典型的温带大陆性干旱半干旱气候。

一个多世纪以来，玛纳斯河流域社会经济迅速发展，跨越了以牧为主、半农半牧、以农为主和初步建成工业化四个阶段，人口由 1949 年的 7 万上升到 2007 年的 106 万，增长 14.4 倍，耕地面积由 1.8×10^4 hm^2 增加到 3.12×10^5 hm^2（统计数字），增加 16.3 倍。城市化和工业化水平不断提高，2007 年实现国内生产总值 2.37×10^{10} 元，其中二三产业占 70%，人均 GDP 19 423 元，居新疆前列，已成为天山北坡经济带的重要组成部分。

3 玛纳斯河流域生态问题

玛纳斯河流域为干旱区典型的山盆结构，从南到北依次为上游山区，中游绿洲区和下游荒漠区。这 3 大地貌类型以玛纳斯河为主线联系在一起，构成一个相互依存相互制约的统一体。本文按照各个生态系统类型的生态服务功能和生态受损程度，将流域分为 3 个不同的生态区，即上游生态服务区、中游平原绿洲生态受益区、下游荒漠生态受损区。

3.1 上游山地生态服务区

在干旱区内，水是影响自然环境综合体最重要的因素，是自然界物质和能量转化、传递的主要介质。而山区是干旱区河流的产流区，它以其特殊的生态作用，维系着干旱区的生态安全。玛纳斯河流域上游山区的海拔在 600~5 000 m 之间，依次分布着冰川、永久积雪，高山草甸草原，亚高山草甸草原，中山草甸草原和森林，低山干草原，山前丘陵荒漠草原和山前丘陵绿洲等生态系统类型。不同的生态系统类型具有不同的服务功能，上游山区的生态服务内容包括多个方面（表 1）。

表 **1** 玛纳斯河流域上游生态服务及受益范围

生态服务功能	受益范围		
	上游	中游	下游
水土保持	√		
水流调节	√	√	√
水质提高	√	√	√
景观价值（旅游）	√		
草地、森林碳汇	√	√	√
生物多样性保护	√		
湿岛作用，形成径流	√	√	√
能源与矿产资源基地	√	√	√
调节气候	√		
林业与畜牧业基础	√		

近几十年来，由于人口的不断增加，上游开垦造田，拦坝建库，导致流域上游山区生态系统类型遭到破坏，出现了一系列的生态问题，主要为：（1）草地退化，面积减少。玛纳斯河流域上游山区是传统牧区，靠天然草场放牧，饲养了大量的牲畜。近几十年来，由于对草场实行掠夺式经营，只取不补，只用不养，使不少草场超载过牧，牧草得不到生息机会，造成了各季节草场不同程度的退化，退化面积已达到山区草场总面积的 80%。另一方面，20 世纪 60 年代以来，由于人口的增加，迫使人们毁草开荒，使山前丘陵区草场面积急剧下降，耕地面积上升。利用 1979 年、1989 年、1998 年和 2005 年 4 个时段的卫星遥感图像解译得出的草地被开垦的数据表明，流域内草地面积一直在减少，耕地面积一直在增加。（2）森林砍伐，小气候发生变化。从 1949 年以来，玛纳斯河流域上游山区林地遭到大规模的砍伐，虽然已经停止了对森林的大片“皆伐”，但砍伐率仍保持在较高水平。由于森林被砍伐，使山区的局部小气候发生变化，导致山区降水量减少。塔西河流域森林没有遭到破坏，20 世纪 70 年代降水量比 60 年代增加了 30.5%，而玛纳斯河流域由于森林面积减少了近 40%，使得同期降

水量减少 21.7%[7]。(3)水能资源利用率底,水库的调节能力差。充分利用丰富的水能资源,开发具有绿色无污染的清洁能源对干旱内陆河流具有十分重要的战略意义。玛纳斯河流域的水能资源主要集中在出山口以上,利用率比较低。目前虽已在河流上游山区建成 4 座水电站,总装机容量 5.7×10^4 kW,但仅占河段理论蓄能量的 17.6%。由于电站上游没有较大的水利枢纽来增强河流的调蓄能力,河流冬季来水少且容易结冰,电站无法正常运转,致使流域冬季缺电现象较为突出,严重影响了流域内工业生产的正常进行和城镇居民的正常生活[8]。(4)生态脆弱性显著。玛纳斯河流域气象灾害复杂多样,危害范围广,以滑坡、泥石流、崩塌为主的地质灾害时有发生,破坏性大,而植被破坏造成的水土流失现象也比较突出,使土壤肥力大幅下降,降低了土地的利用价值。

3.2　中游平原绿洲生态受益区

绿洲是干旱、半干旱地区特殊的生态系统类型,它以其独特的气候、水文、植被和地貌特征,在陆地生态系统中占有重要的地位。同时,绿洲也是干旱区、半干旱区人类活动的中心,是物质流、能量流和信息流交换的重要区域。解放以后,由于流域内经济的发展和人口的增长,城市化进程的加快,使流域水体受到污染。农村、团场化肥、农药、地膜的大量使用造成了农村环境的恶化,由此产生了大量的环境问题,主要为:(1)环境污染严重。玛纳斯河流域经过近 50 a 的开发建设,城镇发展迅速。流域内的石河子已由 1952 年前 9 户农民的小村落变为如今拥有 30 多万人的中等城市,并已成为流域内三废污染的中心。人口的增加导致水污染也在增加,根据 2007 年度《新疆石河子市环境质量报告书》,红山嘴断面主要污染物为石油类、化学需氧量、总磷,超标率分别为 100%,50%,33.3%,表明玛纳斯河水体污染度有所增加,水质逐步恶化。(2)水资源超负荷运行,地下水位下降。玛纳斯河流域总水资源量 3.488×10^9 m^3,其中地表水资源量 2.291×10^9 m^3(包括塔西河、金沟河、清水河及巴音河等),平原区地下水总资源量 1.197×10^9 m^3。现流域水资源利用率超过了水资源总量,虽然水资源的重复利用率增加,但仍会导致地下水位全面下降。如今,玛纳斯河流域已经出现了 2 条地下水位强烈下降带,一是玛纳斯县—石河子—沙湾县一线,主要是工业和生活用水增加造成的;二是莫索湾—下野地—136 团一线,主要是盲目打井造成的。地下水位的下降,使依靠地下水维持生命的植被枯死,绿洲中的防护林衰退,水质不断恶化。(3)土壤盐渍化加剧。2000 年流域内耕地盐渍化面积已占到总耕地面积的 40%以上。盐渍化面积扩大的原因主要是排水工程配套不足,致使灌区水文地质条件逐步恶化,土壤盐渍化程度日趋严重,目前除石河子、下野地灌区部分团场有较为完整的排水系统外,其它灌区均未形成完整的排水系统,有些灌区只灌不排,导致地下水位逐年上升,土壤盐分逐年积累,直接影响到农业生产的持续健康发展。

3.3　下游荒漠生态受损区

荒漠地区往往远离海洋,高原与山系阻隔,气候干燥,降水稀少,蒸发强烈,植被贫乏,同时地面温度变化很大,物理风化强烈,风力作用活跃,地表水极端贫乏,多盐碱土;植被生长条件极差,宏观上表现为一片荒凉的景象[9]。玛纳斯河流域下游的荒漠,主要是以生长梭梭为主的半固定沙丘。自从在古尔班通古特沙漠边缘建立起团场以来,人口不断增多,粮食和燃料消耗量不断增大,而燃料的消耗主要依靠砍挖梭梭、红柳和胡杨取得,粮食主要依靠开荒取得,使得流域下游生态环境受到严重破坏,生态系统的功能不断退化,环境问题日益显现。

主要表现为:(1)荒漠化威胁严重。流域下游的土地沙漠化主要发生在古尔班通古特沙漠边缘,从 1958 年开发莫索湾和下野地垦区以来,沙丘活化带已从 1~2 km 增加到 2~10 km。此外由于玛纳斯河水资源分配制度的不合理性,下游地区缺水严重,使从大拐以下原生长很好的乔、灌、草地植被和芦苇湿地干枯死亡,加快了土地荒漠化。(2)野生动物急剧减少。玛纳斯河流域历史上野生动物种类繁多,有旱獭、草兔、野羊(北山羊、盘羊、鹅喉羊)、獾猪(狗獾)、狐(赤狐、沙狐)、狼、狸等。近些年来,由于人类开垦荒地,过度放牧,开采石油资源等,侵占或破坏了野生动物的栖息环境,影响了它们的生存和繁殖,使野生动物数量迅速减少,甚至绝迹。

4　玛纳斯河流域生态补偿概况

4.1　生态补偿的原则

玛纳斯河流域虽可划分为以上 3 个生态区域类型,但在实施生态补偿方面,应将他们视为一个统一的整体,要建立和完善生态补偿机制,必须要求(1)统筹协调,共同发展,努力实现社会稳定、经济发展和生态环境保护的三赢。(2)公平公正,权责一致,依据生态环境保护要求和相关法律的规定,逐步建立责权一致的生态保护机制。(3)循序渐进,先易后难,立足现实,着眼于解决实际问题,因地制宜选择生态补偿模式,不断完善各项政策措施,逐步扩大修复力度,努力实现生态补偿制度化、规模化。(4)水质和

水量相结合。水质和水量是不可分割的统一体,水质再好,数量不足,水资源还是不能满足需要;反之,只有水量没有水质同样无法满足经济社会发展的需要。因此,在制定生态补偿机制时要同时考虑水质与水量的问题,只有将二者有机结合起来制定的生态补偿机制才会科学合理,起到真正的实效。

4.2 生态补偿的主客体界定

确定谁补偿谁的首要任务是明确产权的对象,并且确定谁是受益者,谁是受损害者。受益者理应给予受害者一定的补偿。参照生态补偿的原则,确定玛纳斯河流域生态补偿的主客体(表 2)。

表 2 玛纳斯河流域生态补偿的主客体

生态区	补偿对象	补偿主体
上游山地生态服务区域	142 团,151 团	中下游地区横向补偿,中央财政纵向补偿
中游平原绿洲生态受益区域	玛纳斯县,石河子市,沙湾县 143 团,152 团,142 团,144 团等	自治区和下游横向补偿,中央财政纵向补偿
下游荒漠生态受损区域	136 团,135 团,150 团,149 团,六户地乡等	上游中游地区横向补偿,中央财政纵向补偿

4.3 生态补偿标准的确定

生态补偿标准是生态补偿的核心,关系到补偿的效果和补偿者的接受情况。补偿标准的制定不仅取决于损失量(效益量),还取决于补偿期限以及道德习惯等因素。由于现有的补偿机制并不完善,因此不可能按实际发生的损失或贡献大小来给予补偿,只能按一定比例来补偿。综合各种因素,玛纳斯河流域补偿标准可按照以下方法进行估算:(1)以上游和下游退耕(牧)还林(草)的农、牧民的收益损失作为补偿的下限,即在流域生态恢复中,对导致移民经济收入或发展机会减少的补偿,这是对农、牧民的最低利益保障。(2)以流域自然资源的稀缺性、效用价值论、劳动价值论、极差地租及自然资本之和作为补偿上限。(3)要考虑到当地人民的实际情况,对急需的或是重要的项目进行重点补偿。(4)在制定补偿标准时,要综合考虑流域上中下游地区的经济社会发展水平、受益者的经济承受能力、实际的支付意愿和保护者的需求等,通过博弈最终确定补偿标准。

4.4 玛纳斯河流域现有的补偿措施

4.4.1 上游退耕还草的补偿 为提高山区游牧民抵御自然灾害的能力,改善玛纳斯河流域上游山区的生产、生活条件,保护草原生态环境,加快上游山区经济发展,提高游牧民的生活条件,玛纳斯河流域上游山区各单位紧紧抓住国家“保增长、保民生、保稳定”的惠民政策,从 1999 年开始筹划游牧民定居工作。到 2008 年,沙湾县天山牧场共投资 3 000 多万元,实现了 300 多户游牧民的定居工作,凡是定居的游牧民,政府给予每户 2 000 元的建房补助,2 hm^2 的牧草地以及部分耕地。为了进一步促进游牧民定居的积极性,从 2009 年开始,政府加大了对定居游牧民的补偿措施,除给定居游牧民 2 万元的建房补助和一定的耕地外,对建沼气池、大棚和发展养殖业的游牧民都会给予一定的经济补偿和无贴息贷款。

4.4.2 绿洲农业补偿 20 世纪 90 年代以来,随着农资价格的不断上涨,种植粮食作物的收入越来越少,农民种植粮食作物的积极性不断下降,粮食种植面积呈逐年下降的趋势。为了促进农民增收和激发农民种粮的积极性,从 2004 年开始,中央政府根据粮食产销形势的变化,在全国范围内对种粮农户实行直接补贴,良种补贴和农机补贴等一系列扶持粮食生产的政策措施。为了积极响应国家的惠农政策,玛纳斯河流域各级政府对流域内种植粮食的农户出台了相应的政策。对种植小麦的农户除国家规定的补贴外,对安装节水灌溉措施的农田给予 50 元/hm^2 的补贴,还对出售小麦给予 0.2 元/kg 的补贴。

4.4.3 下游退耕还林(草)补偿 为加强流域内的生态建设,维护生态安全,提高森林覆盖率,增加生态效益,鼓励、倡导、支持生态林建设,加大林权改革力度,流域内各单位结合自己的实际情况,制定了一系列的退耕还林(草)的补偿措施。新疆生产建设兵团农八师 121 团在退耕还林(草)工作中,提出了“万亩林,万亩草,万头畜”和“一口井,一片林,一块地,一批畜,一户人”的口号,对退耕还林(草)的农户给予 300 元/hm^2 的补贴;对打井装滴灌的农户给予 100 元/hm^2 的补贴和 10 万元的打井无息贷款,对购买首部河水灌溉机械的农户给予 5 万元的补贴。此外,对退耕还林(草)合格的农户,团场给予农户 10 元/hm^2 的奖励。

4.5 玛纳斯河流域生态补偿措施建议

玛纳斯河流域生态重建的经济补偿应实行流域内部补偿和流域外部补偿相结合的模式,坚持“还林还草还水,向生态要效益”的道路,具体的补偿建议如下。

4.5.1 生态服务区的生态补偿措施 (1)玛纳斯河上游有较好的山区水库库址,为应对玛纳斯河上游山区水资源利用率低的问题,应在上游山区修建大型水利枢纽,通过大型山区水库平衡发展生产和维护生态用水,以水力发电替代一部分烧煤火电,降低大气污

染。由于工程投资规模大,技术要求高,应由国家财政和地方财政转移支付。(2)山区森林在涵养水源、保持水土、调节气候方面起着十分重要的作用,不得再砍伐破坏。原林场职工应转向护林和育林为主。为加快森林恢复,需对采伐迹地和宜林地,进行人工定植,扩大林地面积,所需经费由国家负担。(3)为了减轻山区草场载畜压力,应控制游牧民的牲畜头数,对活畜收购实行最低保护价。要加快游牧民定居工程,将一部分牧民由山区迁到农区,实行农牧兼顾,流域内政府应给搬迁牧民一定的补贴。(4)为了发展山区经济,必须改善山区交通,加强公路建设,由政府财政支出。在山区开发矿产和进行水电工程项目建设引起植被破坏,或造成山体滑坡,应由施工和工程部门赔付损失,工程部门和矿主除了向当地政府交纳资源税,还得交纳损害生态和造成的环境污染费。

4.5.2　中游南缘绿洲生态受益区的补偿措施　(1)农业是用水大户,消耗了总引用水量的 80%。滴灌可以大大降低农业对水的消耗,因此对实行膜下滴灌的农户应由自治区进行补贴,用经济手段鼓励农民节水。(2)开征利用地下水水费,鼓励企业向低耗性企业发展。现农业用地表水灌溉是要付费的。而工业、城市及农业抽取地下水,除了付电费、燃油费和设备维修费外,不交水资源费,根据生态补偿原则"使用者付费",利用地下水也应付费,以补偿由于地下水水位下降而造成的土壤荒漠化损失。(3)土壤盐渍化治理补偿,全流域盐化土地面积占到耕地总面积的 42.59%,土壤盐渍化治理迫在眉睫。从当地盐渍土改良的经验看,竖井排灌是最有效途径,既能降低地下水位,又能增加灌溉水量,一举两得。因此应在盐碱地多的地方适度开发地下水。由于盐渍土分布区农业生产水平较低,由群众自筹资金打井(每口约 20 万元)是有困难的,打井的费用应由政府负担一部分,群众自筹一部分。

4.5.3　下游荒漠生态受损区的补偿措施　(1)保护沙漠植被,发挥固沙作用,是防治荒漠化扩大的重要措施,应对沙区植被进行围栏封育,实行禁牧、禁垦、禁樵。150 团用这种方法,使沙丘植被得到恢复,效果良好,建议由莫索湾到下野地沿沙漠边缘的团场和乡镇都能这样做。防沙固沙的生态效益是全社会共享,围栏材料、施工费用由国家荒漠化公益林保护经费支付。受益单位要建立荒漠公益林管机构,有专人管理,防止人畜和其他活动不经许可进入沙漠区。(2)在不破化沙漠生态环境前提下,鼓励发展沙产业,如种植大芸,建沙漠植物园,发展沙漠生态旅游等,起步阶段政府给予支持,建成后收益按国家、集体和个人参股分配。(3)在沙漠中进行油气资源勘探开发,对脆弱的环境造成生态破坏和环境污染,加速了沙丘的活化。按照生态补偿的原则,"谁污染谁治理,谁破坏谁付费",石油部门应向当地主管部门交纳生态破坏和环境污染补偿费。

5　结 论

流域生态补偿机制对于流域的可持续发展和资源的合理配置具有重要的意义。虽然我国许多学者已经对流域生态补偿的措施、标准、原则等进行了探索,但仍然存在很多的问题。这些问题还需要在实践中去解决。

经济的快速发展深刻地改变了玛纳斯河流域原有的生态环境状况,破坏了生态系统的正常运行,使生态服务功能下降,使流域社会经济和生态环境之间的矛盾日趋严重,因此必须对受损的生态环境进行修复和补偿。目前,在玛纳斯河流域还没有一个完整的生态补偿机制和法律体系,来引导和规范各类补偿主体对客体进行补偿,因此,玛纳斯河流域的生态补偿还需进一步的探讨。

[参 考 文 献]

[1] 李镜,张丹丹,陈秀兰,等. 岷江上游生态补偿的博弈论[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2792-2798.

[2] Cuperus R, Kalsbeek M, Haes H A, et al. Preparation and implementation of seven ecological compensation plans for Dutch Highways[J]. Environmental Management, 2002, 29(6): 736-749.

[3] 张耀启. 森林生态效益经济补偿问题初探[J]. 林业经济, 1997, 30(2): 70-76.

[4] 王永安. 森林生态效益的经济补偿[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(S3): 77-84.

[5] 许丽丽. 汉江流域生态补偿探析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(28): 13905-13906, 13909.

[6] 王金龙,马为民. 关于流域生态补偿问题的研讨[J]. 水土保持学报, 2002, 16(6): 82-84.

[7] 封玲. 新疆玛纳斯流域森林资源的变化及其对生态环境的影响[J]. 生态环境:学术版, 2007, 17(2): 372-376.

[8] 张军民. 新疆玛纳斯河流域水资源分布规律及其生态意义[J]. 国土开发与整治, 2001, 11(3): 54-58.

[9] 王让会,马英杰,张慧芝,等. 山地、绿洲、荒漠系统的特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(3): 1-6.